

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-4-72-78>

УДК 677.494.7

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Л. А. ЩЕРБИНА⁺, И. А. БУДКУТЕ, Я. Ч. МИРОНЧИК, Я. Ю. РУДЕНОК

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Беларусь

Цель работы — изучение влияния наноразмерных модификаторов различной химической природы, вводимых в прядильные растворы терсополимера акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоты (АМПС) в диметилформамиде, на особенности процесса формирования волокон; получение данных, необходимых для оценки возможности формования полиакрилонитрильных волокон со специальными свойствами.

Изучены реологические свойства прядильных растворов поли[АН-со-МА-со-АМПС] в диметилформамиде с введенными в них наноразмерными частицами технического углерода марок PowCarbon 5317F и PowCarbon 2419G; оксида титана (IV), оксида железа (III), графенового порошка. Показано, что прядильные растворы, содержащие указанные наночастицы, не проявляют аномалии вязкостных свойств в выбранных условиях эксперимента. Отмечено влияние порядка введения компонентов при модификации растворов поли[АН-со-МА-со-АМПС] наноразмерными частицами технического углерода, их количества на динамическую вязкость прядильных жидкостей. В результате ультразвуковой обработки динамическая вязкость модифицированных прядильных растворов, как правило, снижается.

Установлено влияние наноразмерных частиц на способность к деформации струи прядильной жидкости (максимальную кратность фильерного вытягивания), образующихся из нее гель-волокон (максимальную кратность пластификационного вытягивания) и волокон после сушки (максимальную кратность термоориентационного вытягивания). Микроскопирование поперечных срезов волокон показало, что с ростом содержания наноразмерных частиц технического углерода проявляется тенденция к увеличению количества пор, рассеивающих свет, в периферийных областях филаментов.

Ключевые слова: сополимер, акрилонитрил, метилакрилат, 2-акриламид-2-метилпропансульфокислота, прядильный раствор, наноразмерные частицы, реология, волокно, формование.

INFLUENCE OF NANO-SIZED MODIFIERS ON THE FORMATION PROCESS OF POLYACRYLONITRILE FIBERS

L. A. SHCHERBINA⁺, I. A. BUDKUTE, YA. CH. MIRONCHIK, YA. YU. RUDENOK

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Schmidt Ave., 3, 212027, Mogilev, Belarus

The purpose of the work is to study the influence of nano-sized modifiers of various chemical natures introduced into spinning solutions of acrylonitrile (AN), methyl acrylate (MA) and 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid (AMPS) tercopolymer in dimethylformamide on the characteristics of the fiber formation process; obtaining the data necessary to assess the possibility of spinning polyacrylonitrile fibers with special properties.

The rheological properties of spinning solutions of poly[AN-co-MA-co-AMPS] in dimethylformamide with introduced into them nano-sized particles of carbon black of the brands PowCarbon 5317F and PowCarbon 2419G; titanium (IV) oxide, iron (III) oxide, graphene powder were studied. It has been shown that

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: htvm@tut.by

spinning solutions containing these nanoparticles do not exhibit anomalies in viscosity properties under the selected experimental conditions. The influence of the order of introduction of components when modifying poly[AN-co-MA-co-AMPS] solutions with nano-sized technical carbon particles and their quantity on the dynamic viscosity of spinning fluids was noted. As a result of ultrasonic treatment, the dynamic viscosity of modified spinning solutions, as a rule, decreases.

The influence of nano-sized particles on the ability to deform a jet of spinning liquid (maximum ratio of spun-drawing), gel fibers formed from it (maximum ratio of plasticization drawing) and fibers after drying (maximum ratio of thermoorientation drawing) has been established. Microscopy of cross-sections of fibers showed that with increasing content of nano-sized technical carbon particles, there is a tendency to increase the number of light-scattering pores in the peripheral regions of the filaments.

Keywords: copolymer, acrylonitrile, methyl acrylate, 2-acrylamide-2-methylpropanesulfonic acid, spinning solution, nano-sized particles, rheology, fiber, spinning.

Поступила в редакцию 23.11.2023

© Л. А. Щербина, И. А. Будкуте, Я. Ч. Мирончик, Я. Ю. Руденок, 2023

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Щербина Л. А., Будкуте И. А., Мирончик Я. Ч., Руденок Я. Ю. Влияние наноразмерных модификаторов на процесс формирования полиакрилонитрильных волокон // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 4. С. 72–78. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-4-72-78>

Citation sample:

Shcherbina L. A., Budkute I. A., Mironchik Ya. Ch., Rudenok Ya. Yu. Vliyanie nanorazmernykh modifikatorov na protsess formirovaniya poliakrilonitril'nykh volokon [Influence of nano-sized modifiers on the formation process of polyacrylonitrile fibers]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 4, pp. 72–78. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-4-72-78>

Литература

1. Кричевский Г. Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения текстиля, волокон и одежды. М.: Типография МГУ, 2011. 528 с.
2. Yanilmaz M., Lu Y., Zhu J. Zhang X. Silica/polyacrylonitrile hybrid nanofiber membrane separators via sol-gel and electrospinning techniques for lithium-ion batteries // *J. Power Sources*, 2016, vol. 313, pp. 205–212. doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.02.089
3. Wang Y., Huang L., Tang J., Wang Y., Li X., Ma W. Luminescent Polyacrylonitrile (PAN) Electrospinning Nanofibers Encapsulating Silica nanoparticles carried Ternary Europium Complex // *International Journal of electrochemical science*, 2016, vol. 11, is. 3, pp. 2058–2065. doi: 10.1016/S1452-3981(23)16082-2
4. Mikolajczyk T., Szparaga G., Boguń M., Fraczek-Szczypta A., Blazewicz S. Effect of Spinning Conditions on the Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Fibers Modified with Carbon Nanotubes // *J. Appl. Polym. Sci.*, 2010, vol. 115, is. 6, pp. 3628–3635. doi.org/10.1002/app.31414
5. Nie X., Wu S., Hussain T., Wei Q. PCN-224 Nanoparticle/Polyacrylonitrile Nano-fiber Membrane for Light-Driven Bacterial Inactivation // *Nanomaterials*, 2021, vol. 11, is. 12. doi: 10.3390/nano11123162.
6. Щербина Л. А., Городнякова И. С., Пчелова Н. В., Будкуте И. А., Устинов К. Ю. Структурно - морфологические особенности волокон, получаемых по диметилформамидной технологии из терсополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты // *Полимерные материалы и технологии*. 2023. Т. 9, № 2. С. 55–67. doi: 10.32864/polymmattech-2023-9-2-55-67
7. Городнякова И. С., Чвириов П. В., Щербина Л. А. Об опыте эксплуатации и модернизации стандовой прядильной установки МУЛ-1 // *Волокна и пленки 2011. Перспективные технологии и оборудование для производства и переработки волокнистых и пленочных материалов*: материалы Международной научно-технической конференции-семинара, Могилев (28 октября 2011 г.). Могилев,

2011. С. 173–175.

8. Пчелова Н. В., Щербина Л. А., Городнякова И. С., Будкуте И. А. Исследование влияния условий формования на окрашиваемость гелеволокна из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2020. № 2 (39). С. 118–129. doi: 10.24411/2079-7958-2020-13912

References

1. Krichevskiy G. E. *Nano-, bio-, khimicheskie tekhnologii v proizvodstve novogo pokoleniya tekstilya, volokon i odezhdyy* [Nano-, bio-, chemical technologies in the production of a new generation of textiles, fibers and clothing]. Moscow, 2011. 528 p.
2. Yanilmaz M., Lu Y., Zhu J. Zhang X. Sili-ca/polyacrylonitrile hybrid nanofiber membrane separators via sol-gel and electrospinning techniques for lithium-ion batteries. *J. Power Sources*, 2016, vol. 313, pp. 205–212. doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.02.089
3. Wang Y., Huang L., Tang J., Wang Y., Li X., Ma W. Lumi-nescent Polyacrylonitrile (PAN) Electrospinning Nanofibers Encapsulating Silica nanoparticles carried Ternary Europium Complex. *International Journal of electrochemical science*, 2016, vol. 11, is. 3, pp. 2058–2065. doi: 10.1016/S1452-3981(23)16082-2
4. Mikolajczyk T., Szparaga G., Boguń M., Fraczek-Szczypta A., Blazewicz S. Effect of Spinning Conditions on the Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Fibers Modified with Carbon Nanotubes. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2010, vol. 115, is. 6, pp. 3628–3635. doi.org/10.1002/app.31414
5. Nie X., Wu S., Hussain T., Wei Q. PCN-224 Nanoparticle/Polyacrylonitrile Nano-fiber Membrane for Light-Driven Bacterial Inactivation. *Nanomaterials*, 2021, vol. 11, is. 12. doi: 10.3390/nano11123162
6. Shcherbina L. A., Gorodnyakova I. S., Pchelova N. V., Budkute I. A., Ustinov K. Yu. Strukturno-morfologicheskie osobennosti volokon, poluchaemykh po dimetilformamidnoy tekhnologii iz tersopolimerov akrilonitrila, metilakrilata i itakonovoy kisloty [Structural and morphological features of fiber produced using by dimethylformamide technology from tercopolymers of acrylonitrile, methyl acrylate and itaconic acid]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 2, pp. 55–67. doi: 10.32864/polymmattech-2023-9-2-55-67
7. Gorodnyakova I. S., Chvirov P. V., Shcherbina L. A. Ob opy-te ekspluatatsii i modernizatsii stendovoy pryadil'noy ustanovki MUL-1 [On the experience of operation and modernization of the bench spinning plant MUL-1]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii-seminara «Volokna i plenki 2011. Perspektivnye tekhnologii i oborudovanie dlya proizvodstva i pererabotki voloknistykh i plenchnykh materialov»* [Proc. of the International scientific and technical conference-seminar “Fibers and films 2011. Advanced technologies and equipment for the production and processing of fibrous and film materials”]. Mogilev, 2011, pp. 173–175.
8. Pchelova N. V., Shcherbina L. A., Gorodnyakova I. S., Budkute I. A. Issledovanie vliyaniya usloviy formovaniya na nakrashivaemost' gel'volokon iz sopolimerov akrilonitrila, metilakrilata i itakonovoy kisloty [Investigation of the Influence of Forming Conditions on the Dyeability of Gel Fibers Made from Copolymers of Acrylonitrile, Methyl Acrylate, and Itaconic Acid]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Vestnik of Vitebsk State Technological University], 2020, no. 2 (39), pp. 118–129. doi: 10.24411/2079-7958-2020-13912